台灣木瓜育種之過去、現在與未來

Papaya Breeding in Taiwan

李文立[1]　王德男[2]
by
Wen-Li, Lee and Den-Nan Wang

摘要

木瓜自清朝末年由中國大陸引入，惟 1940 年以前推出的品種特性不佳且栽培技術尚未發展，栽培面積約 300 公頃。隨著品種的改良、栽培技術改進及消費需求量增加，栽培面積也逐漸擴大，於 1975 年外銷日本時受到歡迎，隨後因木瓜輪點病毒（PRSV）快速蔓延，不僅使單位面積產量驟降且品質低落，嚴重影響木瓜產業。鳳山分所為解決病毒病危害，於 1981 年推出耐病毒病之「台農 5 號」品種，惜因其果實品質略遜，消費者不易接受，推廣困難，直到 1988 年鳳山分所發展利用網室栽培防止蚜蟲傳播病毒病之防治方法成功後，木瓜生產始趨於穩定。歷年來在木瓜育種的工作上，除了鳳山分所已育成的「台農 1 號」、「台農 2 號」、「台農 3 號」、「台農 5 號」及「台農 6 號」外；種苗場育成「種苗 7 號」；台灣大學育成「台大 8 號」；農友種苗公司育成「農友 1 號」及「紅妃」等品種。因「台農 2 號」較適應網室栽培環境，且品質與產量佳，遂成為台灣最主要的栽培品種。未來育種目標或可朝向 1.適合設施生產（花性穩定、耐病蟲害及高產量）；2.適合矮化栽培（矮生、極早生及節間短）；3.種苗容易生產（全兩性株、容易嫁接與扦插）；4.適合健康管理栽培方式（低需肥、耐病蟲害及生長旺盛）；5.優質果品（耐貯運、具香氣及好品質）；6.適應環境變化（耐旱、耐淹水及廣泛溫度適應性）之方向邁進，在可預見的未來，將會有更多的優質木瓜品種推出，期望能為台灣的木瓜產業發展注入更新、更好的產業新氣象。

關鍵字：木瓜、育種、品種、未來趨勢
Key Works: papaya, breeding, variety, future

台灣木瓜生產概況

木瓜又名番木瓜（*Carica papaya* L.），屬番木瓜科（*Caricaceae*），番木瓜屬（*Carica*），番木瓜科包括四個屬 31 種；其中番木瓜屬有 22。番木瓜為半草本

鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系副研究員兼系主任[1]及前研究員兼系主任[2]。
Head and Associate Researcher[1] and Former Head and Researcher[2] of Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Kaohsiung, Taiwan (R.O.C.)

熱帶果樹，原產於熱帶美洲，早在十七世紀由西印度群島引進亞洲，清朝末年再由中國大陸引入台灣。至今已有百年的栽培歷史，光復初期由於品種不良及栽培技術落後，加上肥料、農藥不足及營養知識欠缺，多為家庭副業栽培，栽培面積約 200-300 公頃。1960 年以後，隨著品種改良、栽培技術改進、生產環境改善、營養價值被確認後，消費需求大增，栽培面積逐漸擴大至約 2,000 公頃。曾於 1975 年外銷日本，獲得日方市場喜愛，可惜當年起，台灣木瓜感染輪點病毒病，且缺乏有效防治對策，致蔓延迅速，危害猖獗，全台各地木瓜園幾無一倖免，不但使木瓜自多年生變為一年生，同時單位面積產量急遽下降，品質降低，生產者常血本無歸，消費者則常購得價格高昂、品質低下的木瓜。為防止病毒病危害，過去曾推廣套袋、間作玉米及接種弱病毒行交叉保護（cross-protection）來延遲及降低發病率，但是其成效仍有限制（王等人，2006）；之後則推廣栽培耐病品種「台農 5 號」，一度使木瓜生產量穩定，可惜因為該品種露天栽培時品質略遜於網室栽培的「台農 2 號」，致使農民漸少栽培。近年來木瓜栽培多利用網室設施，生產趨於穩定使得台灣木瓜產業又重燃生機。1992 年以後台灣木瓜栽培面積雖有少量起伏，但多半仍維持 3,500 公頃上下，呈現穩定的狀態。然而木瓜產量受到氣候影響甚劇，特別是颱風下雨較多或較強烈的颱風侵襲台灣時，往往使木瓜的產量銳減，據台灣農業年報統計，2010 年台灣木瓜栽培總面積為 3,294 公頃，產量約 129,322 公噸，每公頃年產量約 41 公噸（表 1），除了供應國內消費外，也外銷日本、中國與東南亞各地。

以往台灣栽培木瓜常因颱風或雨害、品種不良或種苗不純、植株性別無法控制、栽培法或施肥不當、兩性株畸型果百分率高及果面凹凸不平腫瘤狀等，影響木瓜產量及品質甚鉅，而輪點病毒病嚴重發生，造成台灣木瓜產業遭受重大打擊，各個新品種與新的栽培方式往往與生產時遭受之困境有關，台灣木瓜栽培的歷程與重大記事如表二。本文擬就台灣木瓜栽培上所遭遇的問題加以探討並提出育種策略與建議方向，供今後台灣木瓜產業發展的參考。

產地	面積	
	2009	2010
屏東縣	983	926
台南縣	920	1,090
高雄縣	353	269
嘉義縣	282	247
雲林縣	183	250
南投縣	169	213
花蓮縣	78	91
台東縣	47	76
其 他	94	132
Total	3,109	3,294

Source 2010, COA.

表 1：台灣木瓜栽培產地與生產面積

年代	事件	說明
1945	木瓜種植	栽培面積約200-400公頃
1966	經濟生產	面積突破1000公頃，產量13公噸/ha
1975	首見輪點病毒病	於高雄縣燕巢、大樹、阿蓮發現
1982	台農2號推廣	種植面積日廣，病毒危害更嚴重
1985	網室栽培試驗	農林廳施明山股長建議
1987	台農5號推廣	高耐病性木瓜品種
1988	網室栽培推廣	網室木瓜面積激增
1996	GM木瓜田間試驗	進行隔離田調查評估
1998	台農6號育成	小果型、高品質
2003	種苗7號育成	全兩性株木瓜
2010	台大8號育成	高耐病毒病品種

表 2：台灣木瓜栽培大事記

台灣木瓜育種成就

台灣木瓜品種演變大致可分成 1944 年以前，1945 至 1970 年及 1971 年以後等 3 個時期。在 1944 年以前，主要栽培品種為夏威夷種及爪哇種等，因為果形與風味混雜，品質不佳，較少鮮食，目前被稱為本地種。1945 年以後，自東南亞地區及夏威夷引進墨西哥及蘇魯等品種。鳳山分所並於 1953 年分離純化選育成「蘇魯 1 號」及「蘇魯 9 號」並進行推廣。1960 年時利用雜交育成「鳳山雜交 1 號」及「鳳山雜交 2 號」。1967 年農復會園藝考察團由夏威夷及中南美引進 25 品種，鳳山分所自夏威夷引進之品種中選育出 「日陞」品種（Sunrise Solo），於 1970 年代推展以取代「蘇魯 1 號」及「蘇魯 9 號」。1970 年又以日陞種作為親本，分別和「哥斯大黎加」、「泰國種」及「菲律賓種」等品種雜交育成「台農 1 號」、「台農 2 號」及「台農 3 號」等 3 個品種。1987 年育成早生且具有耐病毒病特性的「台農 5 號」。1998 年育成小果型、高品質，5-6 月少有橡皮肉現象的「台農 6 號」（朱玉）品種。2003 年種苗場育成全二性株的「種苗 7 號」，果形與「日陞種」相近，可惜未推展進入市場因而無農民栽種。至 2010 年台灣大學張龍生教授育成具有耐病毒病特性的「台大 8 號」，使木瓜栽培品種更多元化。這些品種的特性如下：

（一）農友 1 號

農友種苗公司於 1982 年育成的一代雜交品種。生長旺盛，耐輪點病毒病。植株粗壯，早生，結果力強，果實碩大，兩性株比例高，果實整齊，大果可達 3 公斤，產量豐。兩性果長型，雌性果長橢圓型，果頂尖凸，肉厚黃色，肉質細嫩，糖度通常在 12°Brix 左右。甜度和品質穩定，氣味芳香，具有相當好的貯運力。

（二）紅妃

農友種苗公司於 1986 年育成的一代雜交品種。生育強健，耐輪點病毒病，結果期特早，結果力強，甚為豐產，栽培得宜時，每株可結果 35-50 個果實，生育強健株可生產更多果實。結果部位低矮，離地面 30 公分即開始開花，抗風性好，果形大，果皮光滑美觀，兩性株果實為長橢圓形，雌株果實近球形。果肉厚，品質佳，產量高。果重通常在 1.3～2.0 公斤之間，最大果重約 3 公斤，糖度可達 13°Brix，肉色紅。此品種在低溫期肉色較淡。「紅妃」木瓜也很適合以青木瓜採收，因其果實較大、肉質結實，可採收尚未成熟的青木瓜，供做蔬菜調理、醃漬或蜜餞之用。

（三）台農 1 號

係鳳山熱帶園藝試驗分所於 1971 年以「哥斯達黎加紅肉種」與「日陞種」雜交育成推廣的一代雜交種，1982 年命名為「台農 1 號」。生育

強健，抗疫病性強，早生，雌果橢圓形，兩性果長形，果皮光滑，淺綠色，肉色紅豔亮麗，糖度 13°Brix，有特殊香味，平均果重 900 公克。產量高，每株年產量 30 公斤。耐貯運，但耐寒力較差，不適合台灣中北部栽培。本品種具早生特性，除鮮食外，也適於加工使用。

（四）台農 2 號

鳳山熱帶園藝試驗分所於 1971 年以「泰國種」和「日陞種」 雜交育成的一代雜種，1982 年命名為「台農 2 號」。其生長性強，開花早，結果部位較低，雌果橢圓形，兩性果長梨形，果實大，平均果重約 1,100 公克，豐產，每株年產量約 33 公斤。果皮濃綠，果肉紅色豔麗，水分多，味道芳香，糖度平均 12°Brix，兩性株的畸型果比率低，不耐病毒病，宜利用網室設施栽培，為台灣目前最主要的經濟栽培品種，約佔全台栽培面積 90%。因為後熟速度快，貯運力較弱，宜提早採收（圖 1）。

（五）台農 3 號：

係鳳山熱帶園藝試驗分所於 1971 年以「菲律賓種」與「日陞種」雜交育成的一代雜種，1982 年命名為「台農 3 號」。矮生強健，結果部位低，離地 72 公分即開始結果，雌果橢圓形，兩性果為長形，果大豐產，平均果重 1,300 公克，每株年產量 35 公斤。果肉橙黃色，糖度 11～12°Brix，品質中等，結果習性佳，是家庭、冰果店和加工兼用的優良品種。耐寒性稍強，較適台灣中北部地區栽培。

（六）台農 5 號：

台灣第一個抗輪點病毒病品種，為鳳山熱帶園藝試驗分所於 1987 年育成推廣，為「佛州種」與「哥斯達黎加紅肉種」之雜交後代再雜交育成。具早生特性，約比「台農 2 號」早一個月採收。葉柄及幼莖呈紫紅色，莖節間較短（1.7cm），矮生，離地 56 公分即開始結果，植株開張度大。自定植至收穫僅需 8~9 個月，比台農 2 號提早約 0.5～1 個月成熟採收。雌果為橢圓形、兩性果長形、產量高，單株產量可達 70 公斤，產量比台農 2 號高一倍，果重 1～1.4 公斤，果肉橙紅色，汁多，糖度 10～11°Brix；夏季果的品質風味略遜於台農 2 號，但冬季果反比台農 2 號佳，利用疏果及施肥可以改善果實品質。植株生育強健，對輪點病毒病耐性強。即使在疫區，提早種植、不套塑膠袋及不間作玉米保護下仍能栽培成功，且能越冬繼續生產，對葉蟎抵抗性亦較強，畸形果少，惟果皮較薄，後熟較快，貯運力較弱，宜提早採收。此品種葉柄不易吹斷，植株不易倒伏（圖 2）。

（七）台農 6 號（朱玉）：

係鳳山熱帶園藝試驗分所於 1998 年利用「蘇魯 1 號」及「日陞」雜交育成。其莖綠色、葉色濃綠、莖節間短（1.9 公分），矮生，株高約

2 公尺比台農 2 號矮 0.5 公尺，可提高網室利用率；節間較短，自定植至開花約 120 天，比台農 2 號晚 15 天。結果部位低（70 公分）適於網室栽培、結果力強，每株可生產 55.8 個果實、雌性果近圓形，兩性果短梨形，果肉色深橙紅艷麗，肉厚 2.0 公分，糖分 12.3°Brix，果長 12.0 公分，果徑 8.6 公分，平均果重 444.6 公克，比台農 2 號小 16%，適合小家庭或個人食用。單株產量 24.8 公斤。兩性株畸形果比例僅 0.26%，正常梨型果高達 99.7%。果肉厚 2cm，果肉利用率 69.3%，5～6 月少有「橡皮肉」現象發生。冬季時果皮褐斑多，貯藏期間較易發生蒂腐病（圖 3）。

（八）種苗 7 號：

「種苗七號」為種苗場於 2003 年育成，是唯一全兩性株品種，本品種成株綠莖，一年生株高約 250cm，始果節位約 30 節，始果高度約 87cm，果實生育日數約 125 天，平均果重約 500 公克，果實呈梨型；長約 14.1cm；果實寬約 8.5cm，果肉厚度約 2.2cm，第一年單株產量平均約 23 公斤左右，果肉顏色橙紅，可溶性固形物約 13.1°Brix，香氣濃郁，口感佳（邱與許，2007）。

（九）台大 8 號

本品種具耐病毒病特性，植株矮，初次結果高度小於 1.5 公尺，始花節位第 19 節，花序主軸長度 2.9 公分，每節花數 3~5，花較小，兩性花顏色乳黃色，花冠長度 4.1 公分，雌花花冠長度 4.3 公分，小花梗長度 0.5 公分。兩性花果實梨形，雌花果實橢圓，果肉緊實，具纖維，果重平均 680 公克，平均縱徑 15.7 公分、橫徑 9.3 公分。種子褐黑色，表面光澤亮，每一果實中種子之鮮重 50.2 公克（張，2009）。

台灣木瓜育種歷程中，依照選用品種的不同大致可區分為 1970 年前的「蘇魯」（圖 4）時代及 1970 年後的「日陞」（圖 5）時代，這兩個優良親本。創造了台灣大多數的木瓜品種。「蘇魯 1 號」是 1954 年鳳山試驗分所自夏威夷引進純化後在 1958 年推展。具有植株矮生，結果力強，雌性果略呈球形，兩性果洋梨形，品性中等，平均果重約 600 公克，單株年產量約 26 公斤，可溶性固形物約 12°Brix，肉色深橙黃，肉質細，耐貯運，耐寒力較強，生長快速，較適合台灣中北部地區栽培。「日陞」種是 1967 年自夏威夷引入純化，於 1970 年正式推廣具有早熟性，開花期早，果型豐整光滑，果肋、果溝不明顯，極少畸型果；雌果近圓型，兩性果梨形，肉紅鮮豔，可溶性固形物可達 15°Brix；果實略小，約 400 公克，產量較低，每株年產量約 16 公斤且節間較長，容易徒長，喜重肥，抗病性和耐寒力較弱，較適合高屏地區網室栽培。

圖 1、台農 2 號木瓜

圖 2、台農 5 號木瓜

圖 3、台農 6 號木瓜

圖 4、蘇魯種木瓜

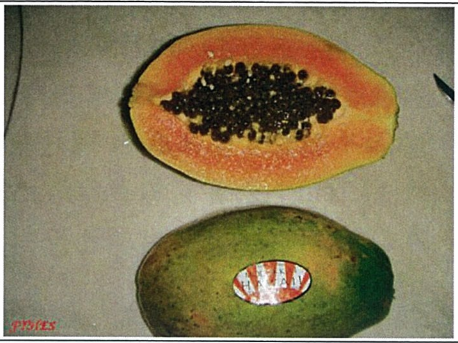

圖 5、日陞種木瓜

台灣木瓜產業遭遇的問題

木瓜雖然具有高產的特性，然而台灣種植品種單一化，栽培地區以南部的嘉義、台南、高雄及屏東等縣市為主要生產地區，品種則以台農 2 號為主，佔生產面積 90%以上（圖 7），專業生產農戶均採網室栽培，以生產高品質木瓜。由於木瓜是熱帶果樹，全年結果，對於寒害及過多的雨水相當敏感，因此每年的颱風季節常常造成木瓜栽培上的障礙。另外，台灣地區平均的農民耕作面積較小（約 1 公頃）及採取網室栽培方式，使得生產成本無法降低，致使果農收益難以增加，又因台灣位處於熱帶亞熱帶交接處，氣候變化快，四周環海，病蟲害滋生，使木瓜栽培常因為病毒病、菌質體、黑腐病、炭疽病、疫病、銹粉介殼蟲及葉蟎等病蟲害（圖 8），使農民栽培遭受嚴重損失。此外，木瓜果實不易貯運，容易因為採收方式不嚴謹（使用採收棒採收或扭轉擠壓）或採後運送過程（多層重疊，園路不平穩，車輛顛陂、果實碰撞等因素）果品容易受擠、壓傷致使果實不美觀，甚至微生物侵入而使貯運壽命減低，造成農民收入降低（李，2009）。尤其輸日之採收處理方式仍待建立。然而，就網室栽培而言，此為台灣木瓜生產之兩面刃，一方面生產成本過高（每公頃約需 80 萬元網室設施成本），另一方面為獨有之生產模式，可以廣為宣傳或以網室生產為基礎進行無農藥栽培，與國外產品區隔，進而獲得國際市場的認同。

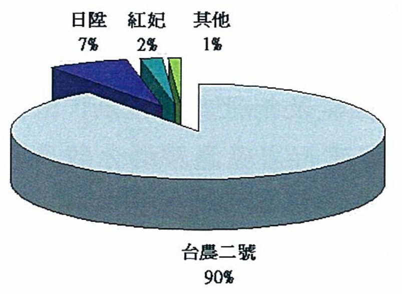	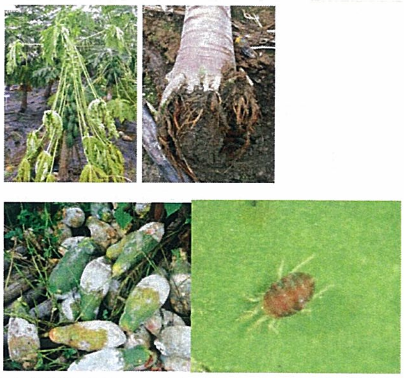
圖 7、台灣木瓜種植以台農 2 號為主。	圖 8、木瓜病蟲害繁多，防治不易。

木瓜育種工作的現況與展望

1.木瓜栽培管理技術展望

台灣地區屬熱帶邊緣，夏季常有颱風與豪雨，容易造成木瓜嚴重傷害，致供貨不穩定或價格太高，冬季低溫則造成果實斑點及品質下降，且主要栽培品種台農 2 號雖然具有品種獨特性且品質佳卻因為果實較大（約 1.2 公斤）不適合小家庭購買，同時果實不耐儲藏而容易耗損。農民耕地面積小且利用網室栽培生產，使生產成本高，若能充分利用台灣靠近東北亞等經濟發展國家的位置優勢，開創自我品牌，宣傳精緻化栽培技術及安全優質的果品，將有機會站穩木瓜外銷供應國地位（王與李，2006）。在台灣現在的環境條件下，農民若要生產符合未來生產趨勢的木瓜果品需要考慮到下列數項要點：1.生產成本低：單一性別、低需肥性、高光合率；2. 管理簡易化：花性穩定、溫度不敏感；3. 生態極友善：低用藥、生態永續生產模式；4. 果品高安全：無農藥殘留、無微生物污染；5. 設施化生產：減少氣候衝擊、穩定產量品質；6. 果園能永續：連作無障礙、離土栽培模式；7. 高品質果品：安全質優、生產履歷、品牌形象等。才能發揚台灣木瓜的特色與強項，建立台灣木瓜精緻、質優、安全及高貴的生產趨勢與產品形象，創造台灣木瓜的價值。

2.木瓜育種特性

在木瓜的育種工作中，近年來比較受到眾人矚目的是有關木瓜性別遺傳的問題，木瓜除了常見的雄花、雌花及兩性花三種基本花型外，尚有其他花型，呈現出非常廣泛的多型性，除了雌株性別表現較穩定外，受季節、高溫、不適當的修剪等外在環境條件影響，兩性株可產生花藥數較正常為少的雌性化兩性花(complete or partial pistilloid）或雌蕊退化心皮數減少的雄性化兩性花（mild or severe carpelloid）；雄株在低溫下，退化之雌蕊也可正常發育成為兩性花而著生果實(李，2010)。由於木瓜不同性別的植株其結果性能、果實形態及品質均存在較大差異，目前栽培者均要求兩性株木瓜種苗的情況下，從經濟效益考慮，性別

遺傳甚至於全兩性株的培育相當重要。番木瓜性別表現取決於花器構造之差異，兩性株之正常兩性花具 5 枚萼片、5 片花瓣、花藥 10 枚及心皮 5 枚；雌株之花具 5 枚萼片、5 片花瓣及心皮 5 枚；雄株之花具 5 枚萼片、5 片花瓣、花藥 10 枚及不具功能之退化性雌蕊。不僅在型態上有雌花、雄花及兩性花的區別，木瓜在遺傳上也由於雄株的顯性等位基因含有一個致死區域而呈現意外的分離率。依 Storey(1953)關於木瓜株性基因控制理論，木瓜的株性由 3 個等位基因控制：M(雄性)、M^h(兩性)及 m(雌性)。M 和 M^h 為顯性，m 為隱性，雄株及兩性株的基因型分別為 Mm 和 M^hm，雌株的基因型為 mm，若基因型為 MM、MM^h、M^hM^h 種子均有敗育情形，因此認為性別決定並非單個基因作用的結果，而是受聚集在性染色體上狹窄範圍內的一個基因復合體所控制。目前經由分子連鎖圖譜證實，性別決定基因及其附近的標記是緊密連鎖的，且性別決定的基因座上基因重組受到抑制，由一對原始的性染色體所控制，在 Y 染色體帶有一個小的雄性特異的區域(male-specific region, MSY)。因此推測有兩個性別決定基因控制性別決定途徑；一個為雌性化或抑制雄蕊的基因，導致雄蕊在開花前或開花中的退化；另一個為雄性化或抑制心皮的基因，導致花發育後期心皮退化(Hao *et al*., 2004; Ming *et al*., 2007)。對於農民而言，木瓜的產量也是重要的性狀，木瓜的產量是由單株花序數、每花序分枝數及結果數組成，在育種上可以透過低始果節位數、始果高度、每花序分枝數、雄蕾心皮化及雌蕾退化的比例、果實重量及雜種優勢的利用等方式獲得改進（Storey, 1969)。由於台灣位居熱帶與亞熱帶交接地區，對木瓜而言，冬季溫度仍然太低，在花芽形成初期如果受低溫影響，使正常兩性花轉變為雄蕾心皮化（stamen carpellody）兩性花，產生畸型果實或花芽形成初期受到高溫影響，發生雌蕾退化，形成香蕉型花（banana-shaped flower）或不完全花（imperfect flower）（Nakasone and Lamoureux, 1982），溫度影響之畸型花是兩組基因相互作用結果，一組使雄蕾心皮化；另一組則使雌蕾退化，兩組因子還受到另外的因子影響，造成複雜的表現型(Storey, 1953）與現今分子生物學所倡論之植物開花之 ABC 模式相類似。要減少兩性花畸型的問題，可以選擇正常花比例較高的兩性株品系為親本，利用譜系法（pedigree）或回交法（back cross）進行逐步的改善。此外，由於木瓜對微氣候敏感，若能在生產地進行品種選育將有助於選拔結果之正確性與穩定性（Storey, 1967）。木瓜被歸類為常異交作物，兩性株或雄株可以自花、異花或異株透過風媒或蟲媒授粉，部分品種（系）也可由單株自交而維持品系特性，不會喪失活力與特性。例如`Kapoho Solo`被引進夏威夷接近百年，農民年年自交留種，尚未有自交弱勢情形。木瓜同時也具有顯著的雜交優勢，鳳山熱帶園藝試驗分所育成的台農 1、2、3 號等雜交一代品種，仍然位居經濟生產品種中的高產品種，「台農 1 號」品種在巴西的產量可達每年 100 公噸/公頃，一直深受當地果農與消費者的喜愛。早生性與始果高度影響木瓜產量甚鉅，在正常生長條件下，木瓜每週約可長出 2 個葉片，每個葉腋著生一個聚繖花序，每個節位均能獲得 1-3 個果實。又因為早開花品系的始花節數少、始果高度低，因此相對於高始果節位品種的結果節數多，結果區域長，開始採收時間早，可採收時間長

而使單株產量較高，是追求產量育種時應注意的生育特性。由於台灣的木瓜栽培者對產量的要求頗高，因此育種者對於單株產量之要求亦為木瓜育種工作之重要項目之一。除了上述木瓜植株高度果實大小、形狀、花序長度、香氣味道、始花節位與可溶性固型物含量等性狀為數量性狀，雜交一代的這些特性約略介於兩親之間之外，較顯而易見的質量性狀有，黃色果肉與光滑果皮為顯性基因，紅色果肉與粗糙果皮為隱性（Hofmeyr, 1938；Nakasone,1980）。育種者可以依照所需改變的性狀，挑選親本進行雜交或回交以獲得子代性狀的改善。

3.木瓜育種目標

未來台灣的木瓜栽培將走向精緻化、設施化及注重果品安全與對環境友善（低投入）等方向，就育種工作而言或可注意下列趨勢以迎合或創造未來的栽培模式：

A.單一性別、容易扦插、嫁接率高：開發全兩性株雜交品種，番木瓜的株性由 3 個等位基因控制，為 M1(雄性)、M2(兩性)及 m(雌性)。M1 和 M2 為顯性，m 為隱性。雄株及兩性株的基因型分別為 M1m 和 M2m，雌株的基因型為 mm，若基因型組合為 M1M1、M1M2、M2M2 的種子均無法正常發育(Storey, 1953)。性別決定基因及其附近標記是緊密連鎖的，性別決定基因座上基因重組受到抑制，由一對原始的性染色體所控制。Y 染色體帶有一個小的雄性特異的區域(male-specific region, MSY)。推測有兩個性別決定基因控制性別決定途徑；一個為雌性化或抑制雄蕊的基因，導致雄蕊在開花前或開花中的退化；另一個為雄性化或抑制心皮的基因，導致花發育後期心皮退化(Hao *et al.*, 2004; Ming *et al.*, 2007)。若能利用木瓜的性別遺傳特性獲得全兩性株，則對農民有巨大的影響（邱，2006）。當然，要取得全兩性株也可以利用無性繁殖方式獲得，台灣近年來木瓜栽培者已經漸漸接受種苗費用較昂貴的無性繁殖苗（嫁接苗、扦插苗與組織培養苗），在選育新品種的時候也可以考慮容易嫁接或扦插等特性。

B.花性穩定、溫度鈍感、產量較高：木瓜對溫度敏感，當溫度過高時（>35℃），對兩性株會產生有功能的雄花器，無功能或退化的雌花器，此變化會依照品種不同而改變。當溫度高於 30℃時，淨光合作用會快速的下降。最適合的溫度為 21 至 33℃。木瓜對於結霜亦十分敏感，夜間溫度低於 12-14℃數小時，木瓜的生長減緩，產量將嚴重減少。與兩性株相比較，雌株相對適應低溫環境（<20℃），其花性不易變化。兩性株在低溫環境中（<20℃)將容易產生偏雌花畸型果，低於 17℃將產生 100%的畸型花，影響產量甚鉅。除了溫度的影響之外，兩性株的花朵在不合適的環境或營養缺乏的情況下，會產生花藥數減少為 0~9 枚、心皮數增加為 5~10 之雌性化兩性花（complete or partial pistilloid)（圖 10A）或花藥數 10 枚、雌蕊退化，心皮數減少為 0~4 枚之雄性化兩性花（mild or severe carpelloid)（圖 10B）。

圖 10、A.雌性化兩性花及 B.雄性化兩性花，兩者均會造成木瓜減產。

C.矮生、早生、節間短：早生性與始果高度影響木瓜產量甚鉅，且產量的高低影響農民收益，現階段台灣木瓜大多數在網室內栽培，未來也朝向隔雨設施的生產模式前進。矮生、早生與短節間等特性應是未來木瓜品種育成重要的方向。此外，生長季節的溫度明顯影響著果與果實發育，正常情形下果實發育時間約 120-150 天，在亞熱帶地區木瓜果實成熟期會因為氣溫偏低而延長採收長達 90 天。冬季低溫時期，果實的可溶性固形物（糖度）將會降低。果實大小決定於前 6 週，溫度有顯著的影響，特別在亞熱帶氣候區，溫度變動較大，若能育成對溫度較不敏感的品種，使木瓜的生長速率穩定對產量將會有所助益。

D.耐病蟲、生長旺、低需肥：在台灣的木瓜栽培歷史上，病害影響了整個木瓜產業的型態及農民栽培習慣，甚至連生產區域也曾經因為 1975 年的木瓜輪點病毒病的為害，從台灣西部移至台灣東部，又因為網室栽培技術的開發而移回西部。黑腐病是危害木瓜嚴重的細菌性病害（圖 11），造成馬來西亞木瓜產業的危機，所幸台農 2 號木瓜對黑腐病的耐受性尚佳（鄭，2006），因此該病害未嚴重危害台灣木瓜產業。自 2009 年開始，銹粉介殼蟲開始成為台灣木瓜產業的重要害蟲，由於該蟲的外殼具有蠟質，藥劑不易滲透，防治效果不佳，造成生產上的困擾（圖 12），若在育種上可以考慮到新品種對重要病蟲害的抗耐性，對產業的發展將有非常大的助益。

圖 11、木瓜黑腐病侵入木瓜莖幹，造成植株死亡。

圖 12、木瓜銹粉介殼蟲為近來木瓜生產上的一大隱憂。

結語

台灣木瓜產業的未來走向，將與未來農業的安全農業、精緻化農業、低投入農業及三生農業（生產、生活、生態）相結合，欲達到安全、節能、合理施肥及生態維持，在預計台灣木瓜生產設施精緻化後，未來的木瓜育種目標將會可朝向1.適合設施生產（花性穩定、耐病蟲害及高產量）；2.適合矮化栽培（矮生、極早生及節間短）；3.種苗容易生產（全兩性株、容易嫁接與扦插）；4.適合健康管理栽培方式（低需肥、耐病蟲害及生長旺盛）；5.優質果品（耐貯運、具香氣及好品質）；6.適應環境變化（耐旱、耐淹水及廣泛溫度適應性）的方向邁進，這些因應著未來農業趨勢，具有良好特性的新品種將會改變台灣木瓜產業的方向，使更多的優質木瓜品種推出，期望能為台灣的木瓜產業發展注入更新、更好的產業新氣象。

參考文獻

1. 王德男、劉碧鵑、李文立. 2006. 台灣木瓜產業之變遷. 木瓜產業發展研討會專刊 p1-20.
2. 李文立. 2010. 生物技術在果樹品種選育之應用-番木瓜性別檢測. 植物種苗生技 21: 23-27.
3. 李文立. 2009. 木瓜栽培管理手冊. pp 81.
4. 李文立. 2009. 夏威夷木瓜產業概況. 技術服務季刊. 78: 13-15.
5. 邱展台. 2006. 番木瓜兩性株育種. 木瓜產業發展研討會專刊 p51-62.
6. 邱展台、許立易. 2007. 番木瓜種苗七號生育特性及栽培管理. 種苗改良繁殖場研究報告.
7. 張龍生 2009 植物品種權核准公告證書號碼第 A00810 號.
8. 鄭安秀、吳雅芳. 2006. 木瓜黑腐病之發生與防治. 木瓜產業發展研討會專刊 p94-97.
9. Hao, M. A., P. H. Moore, Z. Liu. 2004. High-density linkage mapping revealed suppression of recombination at the sex determination locus in papaya. Genetics 166(1): 419-436.
10. Hofmeyr,J.D.J. 1938. Genetical studies of *Carica papaya*. South Afr. J. Sci. 35:300-304.
11. Nakasone, H.Y. and C. Lamoureux. 1982. Transitional forms of hermaphroditic papaya flowers leading to complete maleness. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4): 589-592.
12. Nakasone, H.Y. 1980. Melhoramento do mamao no Hawaii. Culture do Mamoeiro. Livroceres Piracicaba p.315.
13. Ming, R., Q. Yu and P. H. Moore. 2007. Sex determination in papaya. Cell & Developmental Biology 18: 401-408.
14. Storey, W. B. 1953. Genetics of papaya. J. Hered. 44: 70-78.
15. Storey, W.B. 1967. Theory of the derivations of the unisexual flowers of *Caricaceae.* Agronomic. Tropical. 17: 273-321.
16. Storey, W.B.1969. Pisitillate papaya flower: a morphological anatomy. Science 163: 401-401.